

# 核安全 2 级设备焊补修复过程研究

李伟彦 吴爽

(大连宝原核设备有限公司 辽宁 大连 116000)

**摘要:**核安全设备在建造过程中必须本着核电无小事的理念,秉承“四个凡事”原则。本设备是核安全 2 级设备,承担了核放射性物质外泄的第三道屏障,对核电厂安全运行起着至关重要的作用,当出现不符合项时,应实事求是的按规范和质量体系规定实施修复。

**关键词:**核 2 级设备; 钻孔; 修理; 模拟试验; 焊接工艺评定报告

## 0 引言

随着世界各国和我国对环境的保护意识提高,清洁能源已上升到国家战略层面,核电的应用像一柄双刃剑,在清洁能源应用上有着无可比拟的优势,然而其安全性也时刻悬在每个人的头脑之中,挥之不去。因此,在核安全设备的建造和修理活动中有着严格的质量体系控制流程,必须本着核电无小事的理念,紧密围绕核电四个凡事原则要求进行,即“凡事有章可循、凡事有据可查、凡事有人负责、凡事有人监督”,做到安全第一、质量第一。

本文通过对某核级设备出现的不符合项进行分析,以期引起同行业从业者的注意,并提供可参考的经验。在核安全设备的建造活动中,在思想上和行动上做够重视质量活动,能够合法、合规及合理的从事核安全设备建造活动。

某核电厂核岛用核 2 级设备,在制作过程中承压部件螺纹安装孔在实施加工时,划线位置出现错误,没有检查发现,致使实际物项加工与图纸不符,需通过焊补修复达到图纸所要求的功能。

## 1 产品基本参数描述

主要材料:20HR,设计设计寿命:50年,安全等级:核 2,规范等级:RCC-M2,质保等级:QA1,清洁度等级:B,外形尺寸: $\phi 2620 \times 30 \times 3850$  mm,重量:34.5 吨。

该产品主要执行的安全功能是核岛进出人员及小型设备的通道,主要由内外门组件及贯穿筒节组成,门的开关通过机械和电气方式控制。正常使用时,通过电控实施开关;当出现事故工况,电控失灵时,能够采用机械方式执行功能操作。

## 2 不符合情况描述

在产品的外门框外表面有  $2 \times 72$  个 M8- $\phi 13$ mm 螺

栓孔,在实施按图划线过程中操作失误,将位置划在内门门框外侧(图 1),经自检和互检完成,未经专检的情况下,实施了钻孔工作,从而导致实际物项与图纸不符,破坏产品结构以及产品功能实现。

在部件图中,外门框外侧有  $2 \times 72$  个 M8- $\phi 12$ mm 螺栓孔,实施钻孔工作时,将此螺栓孔钻在内门框外侧,局部剖视图如图 1 所示。

外门门框是承压部件,质保等级为 QA1 级,是关系产品安全性和功能性的关键部件,其修理的成功与否直接关系到该产品的生命。

## 3 质保流程处理

依据 HAF003 中不符合项的要求,即“性能、文件或程序方面的缺陷,因而使某一物相的质量变得不可接受或不能确定。”当“违反合同采购要求或采购方所认可文件的要求,需要制定新的工艺方案、技术规范和验收准则才能进行返工、修理或照用的不符合项”应认定为 III 类不符合项,通过修理进行纠正。经过技术评估需制定模拟修理返修方案,经验证合格后,编制正式的修复方案,形成正式的 NCR 报告上报 CNPE 工程公司,经 CNPE 批准后,上报生态环境部华北核与辐射安全监督站报备。经过审批及报备的 NCR 报告,方可按修复方案实施修复,修复合格后,需要重新进行开关门及气密性试验等功能性试验,通过验收大纲规定。当这一质量活动结束后,方可关闭该 NCR,产品修理结束。

## 4 修理的修复方案制定

在确定修理前,需从规范、设计及制造上进行评估,从而制定相对合理的修复方案。

从规范上查找依据,一般情况下,最终热处理后严禁进行补焊,但经业主同意且补焊工艺经特殊评定试验验证,并满足相应要求的情况下,允许在最终热处理后

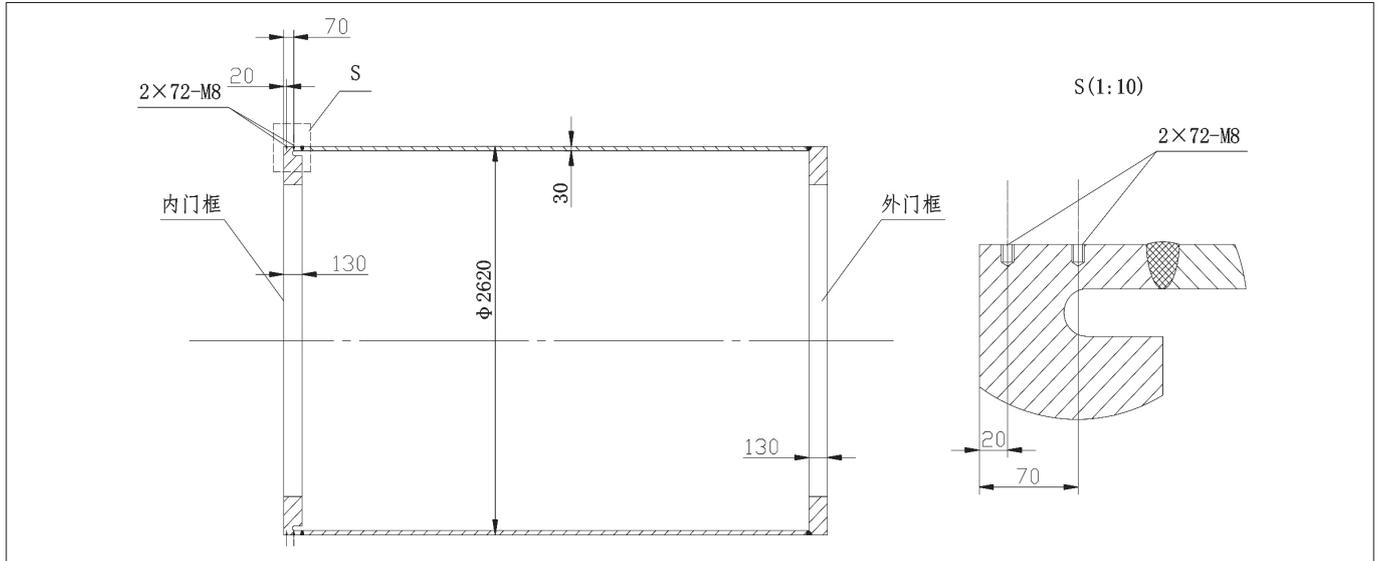


图1 螺栓孔位置图

进行补焊。所满足的主要条件有：

- (1) 预热温度不能低于已评定试验的预热温度；
- (2) 补焊应按评定过的电弧焊接工艺进行，该工艺要求用低氢量的焊缝金属熔敷成窄焊道；
- (3) 填充后应在最后一层焊道上熔敷一层附加焊道，保证对最后一层焊道在母材中产生的热影响区进行回火处理。

通过对规范的理解，可通过相应措施进行补焊。

从制造上，焊工、原材料及装备能够保证补焊的顺利进行，需先通过模拟试验验证。

#### 4.1 模拟试验验证方案及验证结果

##### 4.1.1 缺陷数据测量

孔的位置及深度尺寸进行实物测量，孔深最大14mm，距离边缘分别为20mm和70mm。

##### 4.1.2 焊接方式及焊缝坡口的确定

初步确定采用氩弧封底+手工电弧焊盖面方式进行补焊，坡口形式如图2所示。

#### 4.1.3 模拟试验件制作及焊评制作

##### 4.1.3.1 模拟试验件制作

###### (1) 试板准备。

试板规格为600mm×300mm×30mm，材料为20HR，数量1件。

试板用20HR钢板，满足LYGYD21152-AB400001PS0001H《20HR钢板采购技术规格书》的要求。

试板下料后进行标记移植。

采用机械加工成型刀完成坡口的加工，如图2所示。加工后的尺寸按Q/CNPE.J 103.11《焊接坡口和焊缝的外观、尺寸检查》进行检查，并形成检验记录。

###### (2) 模拟试板的施焊。

施焊前的坡口表面进行100%VT、100%PT检测，验收标准Q/CNPE.J103.39《目视检测》、Q/CNPE.J103.32《焊接接头液体渗透检验》，按1级焊缝验收。焊接参数见表。

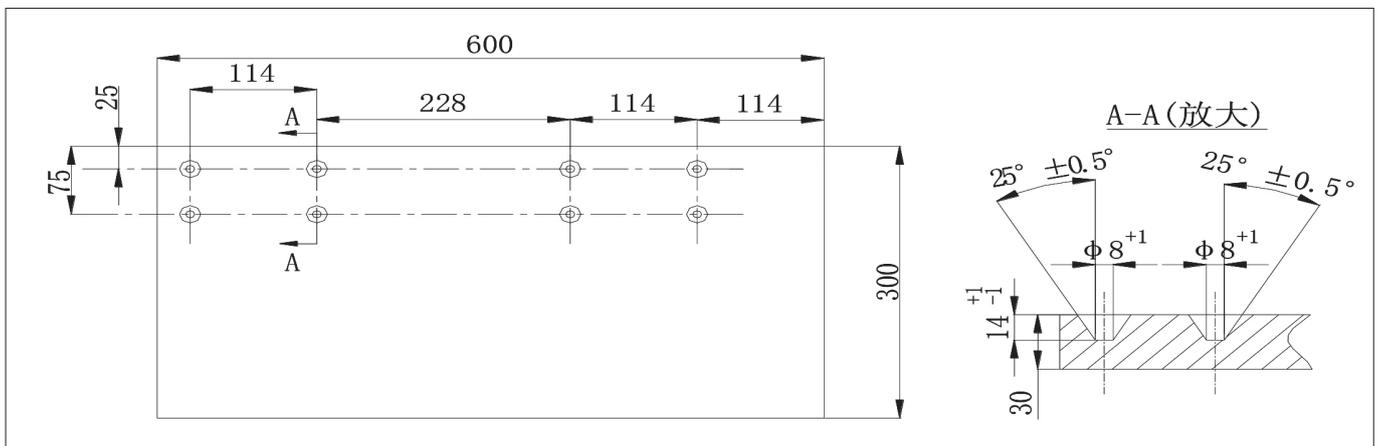


图2 模拟试板孔尺寸图

表 焊接主要参数

位置	焊接方法	焊材	规格 mm	电流	备注
打底	141(GTAW)	ER70S-6	φ 2.0	180 ~ 210	
盖面	111 (SMAW)	J427HR	φ 3.2	100 ~ 140	窄焊道

(3) 模拟试件的检验要求。

施焊过程中逐层进行 100%VT 检测，执行 Q/CNPE.J103.39《目视检测》标准要求。

施焊后的焊缝按照 Q/CNPE.J103.11《焊接坡口和焊缝外观、尺寸检验》和 Q/CNPE.J103.39《目视检测》进行 100%VT 检测。

施焊后的焊缝按照 Q/CNPE.J103.31《焊接接头磁粉检验》进行 100%MT 检测。

施焊后的焊缝按照 Q/CNPE.J103.34《焊接接头超声波检验》进行 100%UT 检测。

所有检验项目均按照 1 级焊缝验收。

对施焊后的焊缝进行横断面的宏观检测 (X10)：检验标准 Q/CNPE.J103.40《破坏性检验技术条件》。

经过全过程的试验，从坡口制备、焊接过程及最终检测，均符合规范和标准要求，模拟试验达到规定要求，并形成了《螺栓孔修复模拟验证试验报告》。

4.1.3.2 焊评制作

重新制作氩弧焊 + 手工电弧焊的组合评定，焊评采用板厚 40mm 的 20HR 板材和 ER70S-6、J427HR 焊材，试板加工、施焊、检测及试样的破坏性试验均符合标准要求，并形成焊接工艺评定报告 PQR-H-15018。

通过《螺栓孔修复模拟验证试验报告》和《焊接工艺评定报告》，依据这 2 项试验报告，能够编制可行的修理返修方案。

在编制完《螺栓孔的修复实施方案》，将此方案连同《螺栓孔修复模拟验证试验报告》、《焊接工艺评定报告》和《螺栓孔修复质量计划》一起，形成正式的 NCR 上报工程公司审批，在取得了工程公司认可，并上报生态环境部华北核与辐射安全监督站备案后，可按批准的 NCR 实施相应修理工作。

5 修理返修方案实施

按照已报批的《螺栓孔的修复实施方案》的严格实施了本次修复，该设备经焊补修复后，按照验收大纲的要求重新进行了气密性试验和开关门试验，机械连锁及电气连锁功能满足相应要求。

6 NCR 的关闭

按工程公司质量控制要求，在修复合格后，实施了返修质量计划的签字关闭。

7 结语

(1) 经过修复该设备通过了用户的最终验收。因此，当核安全设备的承压部件出现不符合时，能够采用正确的质保流程和技术手段进行修复，切忌出现“弄虚作假和违规补焊”。核电无小事是贯穿核电质量活动中的观念，时刻不得放松，必须严格遵守“四个凡事”准则，在本次 NCR 的处理过程中做了充分的诠释。

(2) 在核安全设备的制造过程中，要严格实施“三检：自检、互检和专检”制度，阵地前移，风险研判，在实施正式操作前反复确认，怀揣“质疑”的工作精神，尽最大可能降低不符合项出现的概率。

参考文献：

[1] 国家核安全局 . HAF003—核电厂质量保证安全规定 [S]. 北京：中国法制出版社，1991.

[2] 潘署风，申春望，李正华 . 民用核安全设备不符合项处理的若干问题分析与实践 [J]. 核质质保，2014(3)：29-33.

[3] 法国核岛设备设计、建造及在役检查规则协会 . 压水堆核岛机械设备设计和建造规则 (RCC-M) (第 7 册)：S 篇 [S]. 上海：上海科学技术文献出版社，2010.

作者简介：李伟彦（1978.09-），男，内蒙古莫旗人，工程师，研究方向：核电装备和特种设备制造。